

(19) 【発行国】 日本国特許庁 (J P)
 (12) 【公報種別】 公開特許公報 (A)
 (11) 【公開番号】 特開平 8 - 3 2 7 8 4 2
 (43) 【公開日】 平成 8 年 (1 9 9 6) 1 2 月 1 3 日
 (54) 【発明の名称】 光導波路
 (51) 【国際特許分類第 6 版】

G02B 6/122

6/12

【 F I 】

G02B 6/12 A

N

【審査請求】 未請求

【請求項の数】 5

【出願形態】 O L

【全頁数】 9

(21) 【出願番号】 特願平 7 - 1 3 0 6 1 4

(22) 【出願日】 平成 7 年 (1 9 9 5) 5 月 2 9 日

(71) 【出願人】

【識別番号】 0 0 0 0 0 4 2 2 6

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号

(72) 【発明者】

【氏名】 都丸 暁

【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日本電信電話株式会社内

(72) 【発明者】

【氏名】 今村 三郎

(19) [Publication Office] Japanese Patent Office (JP)

(12) [Kind of Document] Japan Unexamined Patent Publication (A)

(11) [Publication Number of Unexamined Application] Japan Unexamined Patent Publication Hei 8 - 327842

(43) [Publication Date of Unexamined Application] 1996 (1996) December 13 days

(54) [Title of Invention] OPTICAL WAVEGUIDE

(51) [International Patent Classification 6th Edition]

G02B 6/122

6/12

[FI]

G02B 6/12 A

N

[Request for Examination] Examination not requested

[Number of Claims] 5

[Form of Application] OL

[Number of Pages in Document] 9

(21) [Application Number] Japan Patent Application Hei 7 - 130614

(22) [Application Date] 1995 (1995) May 29 day

(71) [Applicant]

[Applicant Code] 000004226

[Name] NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE CORP. (NTT) (DB 69-062-6718)

[Address] Tokyo Shinjuku-ku Nishishinjuku 3-19-2

(72) [Inventor]

[Name] Tomaru dawn

[Address] Inside of Tokyo Chiyoda-ku Uchisaiwai-cho 1 -1-6 Nippon Telegraph & Telephone Corp. (NTT) (DB 69-062-6718)

(72) [Inventor]

[Name] Imamura Saburo

【住所又は居所】東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

[Address] Inside of Tokyo Chiyoda-ku Uchisaiwai-cho 1-1-6 Nippon Telegraph & Telephone Corp. (NTT) (DB 69-062-6718)

(72) 【発明者】

(72) [Inventor]

【氏名】 疋田 真

[Name] Hikita truth

【住所又は居所】東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

[Address] Inside of Tokyo Chiyoda-ku Uchisaiwai-cho 1-1-6 Nippon Telegraph & Telephone Corp. (NTT) (DB 69-062-6718)

(72) 【発明者】

(72) [Inventor]

【氏名】 大庭 直樹

[Name] Oba Naoki

【住所又は居所】東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

[Address] Inside of Tokyo Chiyoda-ku Uchisaiwai-cho 1-1-6 Nippon Telegraph & Telephone Corp. (NTT) (DB 69-062-6718)

(74) 【代理人】

(74) [Attorney(s) Representing All Applicants]

【弁理士】

[Patent Attorney]

(57) 【要約】

(57) [Abstract]

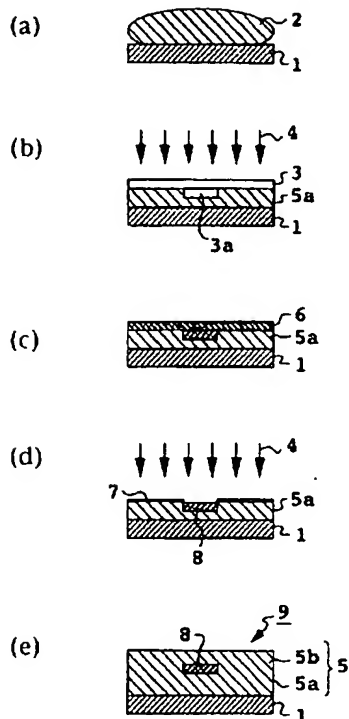
【目的】 安価でしかも高性能な導波路型光素子、特に単一モード用の光導波路で、他の光部品と光結合する際、複雑な位置合わせ等の作業が不要となるV溝等と一体化して作製され得る光導波路を提供することを目的とする。

[Objective] Furthermore when high performance wave guide type optical element, with optical waveguide for the especially single mode, other optical component and optical coupling doing with inexpensive, the V groove etc where complicated positioning or other job becomes unnecessary unifying, it offers optical waveguide which can be produced densely it makes the objective.

【構成】 光導波路は、コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有し、前記クラッドは、エポキシ環、不飽和基、シロキサン結合を有するモノマあるいはオリゴマと重合開始剤との混合物を光硬化または熱硬化したものである。

[Constitution] Optical waveguide, surrounds core and said core and possesses cladding of low index of refraction at least in comparison with said core, aforementioned cladding blend of monomer or oligomer and polymerization initiator which possesses the epoxy ring, unsaturated group and siloxane bond photocuring or is something which the thermal curing is

done.



【特許請求の範囲】

【請求項１】 コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有する光導波路において、

前記クラッドは、エポキシ環を有するモノマあるいはオリゴマと重合開始剤との混合物を光硬化または熱硬化したものであることを特徴とする光導波路。

【請求項２】 コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有する光導波路において、

前記クラッドは、不飽和基を有するモノマあるいはオリゴマと重合開始剤との混合物を光硬化または熱硬化したものであることを特徴とする光導波路。

【請求項３】 コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有する光導波路において、

前記クラッドは、シロキサン結合を有するモノマあるいはオリゴマと重合開始剤との混合物を光硬化または

[Claim(s)]

[Claim 1] In optical waveguide which possesses cladding of low index of refraction at least surrounds the core and said core and in comparison with said core ,

Aforementioned cladding blend of monomer or oligomer and the polymerization initiator which possess epoxy ring photocuring or is something which the thermal curing is done and optical waveguide which densely is made feature.

[Claim 2] In optical waveguide which possesses cladding of low index of refraction at least surrounds the core and said core and in comparison with said core ,

Aforementioned cladding blend of monomer or oligomer and the polymerization initiator which possess unsaturated group photocuring or is something which the thermal curing is done and optical waveguide which densely is made feature.

[Claim 3] In optical waveguide which possesses cladding of low index of refraction at least surrounds the core and said core and in comparison with said core ,

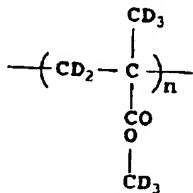
Aforementioned cladding blend of monomer or oligomer and the polymerization initiator which possess siloxane

熱硬化したものであることを特徴とする光導波路。

【請求項 4】 前記コアが下記式 (I)

【化 1】

式 (I)

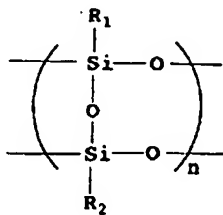


に示す化学構造を有する材料からなるものであることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかの項に記載の光導波路。

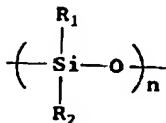
【請求項 5】 前記コアが下記式 (II) または (III)

【化 2】

式 (II)



式 (III)



【式中、 R_1 、 R_2 は同一または異なり、 C_n 、 Y_{2n-1} (Y は水素、重水素もしくはハロゲン、 n は 5 以上の正の整数を表す) で表されるアルキル基、重水素化アルキル基またはハロゲン化アルキル基、あるいは C_6Y_5 (Y は水素、重水素もしくはハロゲンを表す) で表されるフェニル基、重水素化フェニル基またはハロゲン化フェニル基で表される] 繰り返し単位を有する

bond photocuring or is something which the thermal curing is done and optical waveguide which densely is made feature.

[Claim 4] Aforementioned core below-mentioned Formula (I)

[Chemical Formula 1]

It is something which consists of material which possesses chemical structure which is shown and optical waveguide which is stated in section of the any of Claim 1 to 3 which densely is made feature.

[Claim 5] Aforementioned core below-mentioned Formula (II) or (III)

[Chemical Formula 2]

It is a polymer which is selected from group which consists of the polysiloxane, and these blend which are a copolymer of repeat unit which is displayed with polysiloxane or Formula (II) or (III) which possesses [In Formula, R_1 , R_2 with phenyl group, deuteration phenyl group or halogenated phenyl group which are displayed with alkyl group, deuteration alkyl

ポリシロキサン、あるいは式 (II) または (III) で表される繰り返し単位の共重合体であるポリシロキサン、およびこれらの混合物からなる群より選択されたポリマであることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかの項に記載の光導波路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光通信分野、光情報処理分野において使用される光デバイスを構成する導波路型光学素子等における光導波路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、この種の導波路型光学素子は、材料としては石英ガラス、誘電体結晶 LiNbO_3 等を用い、その作製法としては LSI プロセスでよく用いられるフォトリソグラフィ、ドライエッチングプロセスの組み合わせにより微細加工を施し、高性能な導波路型光学素子を作製していた（例えば文献 河内正夫 *Optical and Quantum Electronics* 22 巻 391 ページ（1990 年））。

【0003】 しかし、このような方法では、製造プロセスが複雑なこと、作製装置が高価なことから、大量生産には適していないこと、あるいは安価に素子を作製できないという欠点があった。

【0004】 また、素子を作製しても、その後、光ファイバ等の他の光部品との光結合に精密な調整が必要なため、大量生産には適していないという問題もある。

【0005】 一方、より安価な材料、高分子材料を用いて導波路素子を作製することも行われているが（文献 今村他 *Electronics Letters* 27 巻 1342 ページ（1991 年））、ガラス導波路と同様な導波路作製法では基板 1 枚ごとに同じパターニング工程を繰り返す必要があることや、エッチング装置が高価なこと等のため、材料的には安価であっても素子作製ではガラス導波路と同様なコストがかかり安価とはならないという欠点がある。

group or halogenated alkyl group or C_6Y_5 (Y displays hydrogen, deuterium or halogen.) which are displayed with identical or different and $\text{C}_n\text{Y}_{2n-1}$ (As for Y as for hydrogen, deuterium or halogen and then positive integer of 5 or greater is displayed.) is displayed] repeat unit and the optical waveguide which is stated in section of any of Claim 1 to 3 which densely is made feature.

[Description of the Invention]

[0001]

[Field of Industrial Application] Waveguide type optical element etc which forms optical device which as for this invention, it is something regarding optical waveguide in optical communication field and in optical computing field is used.

[0002]

[Prior Art] From until recently, waveguide type optical element of this kind as material being LSI process making use of quartz glass and dielectric crystal LiNbO_3 etc, as the production method microfabrication was administered with combination of photolithography and the dry etching process which are used well, high performance waveguide type optical element was produced, (for example literature Kawachi Masao *optical and Quantum electronics* Vol.22 391 page (1990)).

[0003] But, with this kind of method, production process is complicated, manufacturing equipment from expensive thing, is not suitable for mass production, there was a deficiency that cannot produce element in inexpensive.

[0004] In addition, producing element, because after that, precision adjustment is necessary in optical coupling of optical fiber or other other optical component, there is also a problem that is not suitable for mass production.

[0005] On one hand, also producing waveguide element from making use of inexpensive material and the polymeric material is done, but (literature Imamura other *electronics Letters* Vol.27 1342 page (1991)), with waveguide production method which is similar to the glass waveguide it is necessary to repeat same patterning step every substrate one layer, etching equipment because of expensive thing or other, there is a deficiency that material with the element construction cost which is similar to glass waveguide is required even with the inexpensive and does not become with inexpensive.

【0006】また、先の作製法と同様に素子を作製しても、その後、光ファイバ等の他の光部品との光結合に精密な調整が必要なため、大量生産には適していないという問題もある。

【0007】従来の作製法における欠点を解消する目的で、金型の転写による射出成形等の大量生産に適した高分子成形法により高分子導波路を作製する方法も提案されている。この作製法によれば、従来よりもプロセスコストを下げ、あるいは光結合の複雑さを避けることは可能である。しかし、数 μm オーダーの加工精度が必要な単一モード導波路の作製に上記作製法を適用する場合には、十分な光学特性を有する導波路が実現できない欠点があった。これは主に成形時に用いる金型寸法と成形後高分子（以下、高分子成形体という）の転写寸法が大きく異なることに起因すると考えられる。

【0008】また、この成形法によりSi基板にV溝加工を基にして作製した金型を用いて、光結合を容易にするV溝を高分子導波路と一体化して作製する方法も提案されている。この作製法によれば、光ファイバとの結合を簡便にして導波路素子に係るコストを下げることは可能である。しかし、特に単一モード導波路と単一モード光ファイバとの結合では数 μm オーダー以下の位置合わせ精度が必要なため、十分に低い結合損失を有する導波路は作製できない欠点があった。これも主に成形時に用いる金型寸法と高分子成形体との転写寸法が大きく異なることに起因すると考えられる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記欠点を解決するためになされたもので、その目的とするところは安価でしかも高性能な導波路型光素子、特に単一モード用の光導波路であって、他の光部品と光結合する際、複雑な位置合わせ等の作業が不要となるV溝等と一体化して作製され得る光導波路を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明において上記課題を解決するための要因について簡単に説明する。

[0006] In addition, producing element in same way as production method ahead, because after that, precision adjustment is necessary in the optical coupling of optical fiber or other optical component, there is also a problem that is not suitable for mass production.

[0007] With object which cancels deficiency in conventional production method, also method which produces polymer waveguide with polymer molding method which is suited for injection molding or other mass production with copying mold is proposed. process cost is lowered according to this production method, in comparison with past, or complexity of optical coupling it is possible to avoid. But, when above-mentioned production method is applied to production of the single mode waveguide where fabrication precision of several μm order is necessary, there was a deficiency which cannot actualize waveguide which possesses sufficient optical property. This is thought that it originates in after mold dimension and the formation which are used mainly when forming copying dimension of the polymer (Below, polymer molded article you call) differing largely.

[0008] In addition, polymer waveguide unifying V groove which makes optical coupling easy making use of mold which it produces on basis of V groove processing, in Si substrate with this molding method, also method which it produces is proposed. It is possible to lower cost which relates to waveguide element according to this production method, with connection with optical fiber as simple. But, because with connection with especially single mode waveguide and single mode optical fiber the positioning precision below several μm order is necessary, as for waveguide which possesses low bonding loss in fully there was a deficiency which cannot be reproduced. It is thought that it originates in copying dimension of mold dimension and the polymer molded article which this are used mainly when forming differing largely.

[0009]

[Problems to be Solved by the Invention] As for this invention being something which can be made in order to solve the above-mentioned deficiency, purpose furthermore when high performance waveguide type optical element, with optical waveguide for especially single mode, other optical component and the optical coupling doing with inexpensive, V groove etc where complicated positioning or other job becomes unnecessary unifying, is to offer optical waveguide which can be reproduced.

[0010]

[Means to Solve the Problems] Regarding to this invention, you explain simply concerning factor in order to solve above-mentioned problem.

【0011】(1)素子を作製する導波路作製プロセスにおいては大規模な装置を用いず、大量生産に適した加工法を用いること、(2)材料的にコストが低く、加工が容易な高分子材料をクラッドとして用いること、(3)コアとしては加工が容易でしかも光学的に低損失な高分子材料を用いること、(4)導波路を作製する際、光ファイバ等の他の光部品との位置合わせを考慮した金型を用い、作製後の光結合のための作業をできるだけ簡略化すること等が挙げられる。

【0012】本発明の光導波路では、安価な材料である高分子材料を用い、大量生産に適した加工法である金型のパターンを転写する成形加工により導波路を作製することを基本としている。この際の問題は成形時に用いる金型寸法と高分子成形体との転写寸法差が大きいという点にある。これは例えば射出成形等では高分子を成形するのに高温下で非常に大きな圧力をかけ成形し、その後室温まで冷却するといった方法をとっているため、ガラス等に比較すると熱膨張係数が1桁以上大きな高分子材料では成形時に用いる金型寸法と高分子成形体との転写寸法差を小さくすることは困難であることが多い。

【0013】そこで、上記目的を達成するために、請求項1記載の発明は、コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有する光導波路において、前記クラッドは、エポキシ環を有するモノマあるいはオリゴマと重合開始剤との混合物を光硬化または熱硬化したものであることを特徴とする。

【0014】請求項2記載の発明は、コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有する光導波路において、前記クラッドは、不飽和基を有するモノマあるいはオリゴマと重合開始剤との混合物を光硬化または熱硬化したものであることを特徴とする。

【0015】請求項3記載の発明は、コアと、該コアを囲み該コアよりも低屈折率のクラッドとを少なくとも有する光導波路において、前記クラッドは、シロキサン結合を有するモノマあるいはオリゴマと重合開始剤との混合物を光硬化または熱硬化したものであることを特徴とする。

[0011] (1) Large scale equipment is not used regarding waveguide preparation process which produces element, process method which is suited for mass production it uses, Cost is low (2) material, it uses polymeric material whose processing is easy as the cladding processing being easy as (3) core, furthermore when low loss the polymeric material is used for optical, (4) waveguide being produced, you can list fact that etc job for optical coupling after producing is simplified as much as possible making use of mold which considers positioning of optical fiber or other other optical component.

[0012] With optical waveguide of this invention, waveguide is produced densely has made basis with molding and fabrication which copies pattern of mold which is a process method which is suited for mass production making use of polymeric material which is an inexpensive material. In this case as for problem when forming there is a point that the copying dimension difference of mold dimension and polymer molded article which are used is large. This with for example injection molding etc polymer in order to form applies very large pressure under high temperature and forms, Because method that is taken, after that is cooled to the room temperature, when it compares to glass etc, thermal expansion coefficient with one order or more large polymeric material when forming as for making copying dimension difference of mold dimension and polymer molded article which are used small is difficult, is many densely.

[0013] Then, in order to achieve above-mentioned objective, invention which is stated in Claim 1, surrounds core and said core and the aforementioned cladding blend of monomer or oligomer and the polymerization initiator which possess epoxy ring photocuring or is something which the thermal curing is done in optical waveguide which possesses cladding of low index of refraction at least in comparison with said core, densely makes feature.

[0014] Invention which is stated in Claim 2, surrounds core and the said core and aforementioned cladding blend of monomer or the oligomer and polymerization initiator which possess unsaturated group photocuring or is something which thermal curing is done in optical waveguide which possesses cladding of the low index of refraction at least in comparison with said core, densely makes feature.

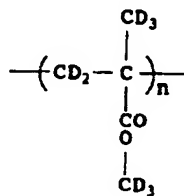
[0015] Invention which is stated in Claim 3, surrounds core and the said core and aforementioned cladding blend of monomer or the oligomer and polymerization initiator which possess siloxane bond photocuring or is something which thermal curing is done in optical waveguide which possesses cladding of the low index of refraction at least in comparison with said core, densely makes feature.

【0016】請求項4記載の発明は、請求項1～3のいずれかの項に記載の光導波路において、前記コアが下記式（I）

【0017】

【化3】

式（I）



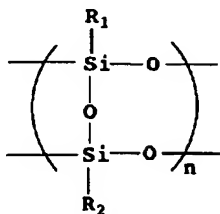
【0018】に示す化学構造を有する材料からなるものであることを特徴とする。

【0019】請求項5記載の発明は、請求項1～3のいずれかの項に記載の光導波路において、前記コアが下記式（II）または（III）

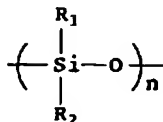
【0020】

【化4】

式（II）



式（III）



【0021】【式中、 R_1 、 R_2 は同一または異なり、 $\text{C}_n\text{Y}_{2n-1}$ （ Y は水素、重水素もしくはハロゲン、 n は5以上の正の整数を表す）で表されるアルキル基、重水素化アルキル基またはハロゲン化アルキル基、

[0016] As for invention which is stated in Claim 4, in optical waveguide which is stated in section of any of Claim 1 to 3, aforementioned core below-mentioned Formula (I)

[0017]

[Chemical Formula 3]

[0018] It is something which consists of material which possesses chemical structure which is shown, densely it makes feature.

[0019] As for invention which is stated in Claim 5, in optical waveguide which is stated in section of any of Claim 1 to 3, aforementioned core below-mentioned Formula (II) or (III)

[0020]

[Chemical Formula 4]

[0021] It is a polymer which is selected from group which consists of the polysiloxane, and these blend which are a copolymer of repeat unit which is displayed with polysiloxane or Formula (II) or (III) which possesses

あるいは $C_6 Y_5$ (Y は水素、重水素もしくはハロゲンを表す) で表されるフェニル基、重水素化フェニル基またはハロゲン化フェニル基で表される] 繰り返し単位を有するポリシロキサン、あるいは式 (II) または (III) で表される繰り返し単位の共重合体であるポリシロキサン、およびこれらの混合物からなる群より選択されたポリマであることを特徴とする。

[0022]

【作用】本発明の光導波路では、光あるいは熱により硬化し、大きな圧力をかけなくても簡単に金型の転写レプリカが得られるタイプの高分子材料を用い、構造もエポキシ環、不飽和基、シリコン等を有し硬化収縮が少ない構造としている。また、材料に熱をかける場合でもそれほど高温を必要としない。これにより、成形時に用いる金型寸法と高分子成形体との転写寸法差をできるだけ小さくすることができる。コアに用いる高分子材料としては重水素化 PMMA (ポリメチルメタクリレート) あるいはシリコン材料を用いるため、近赤外域で低損失等の高性能な導波特性が得られる。

【0023】さらに、本発明では用いる金型の構造を工夫することにより導波路と光ファイバをのせるための V 溝等を一体で簡単に作製することができるため導波路と光ファイバとの光結合が精度よく簡便にできる。

[0024]

【実施例】以下、図 1 (a) ~ (e) を参照して本発明の光導波路を作製する方法の一例を概略説明する。

【0025】図 1 の (a) に示すように、所望の形状に加工された基板 1 上にスピンコート、ディッピング等の手段により塗布層 2 を設ける。この塗布層 2 を形成する材料としては、室温で流動性を示し、かつ、後述の例えば光照射等により硬化し、しかも硬化収縮の比較的小さい性質を有するモノマあるいはオリゴマを用いることができる。

【0026】次に、(b) に示すように、塗布層 2 の上に、所望の形状の長尺凸部 3 a を有する成形用の型 3 を被せる。この型 3 は、本実施例では上記塗布層 2 を硬化させるのに利用される波長光 (紫外線) を少なくとも透過する材料から形成されている。この型 3 の上方から上記透過波長の光 4 を照射して塗布層 2 を硬化させ、型 3 の樹脂レプリカである硬化膜 5 a を形成

[In Formula, R_1 , R_2 with phenyl group, deuteration phenyl group or halogenated phenyl group which are displayed with alkyl group, deuteration alkyl group or halogenated alkyl group or $C_6 Y_5$ (Y displays hydrogen, deuterium or halogen.) which are displayed with identical or different and $C_n Y_{2n-1}$ (As for Y as for hydrogen, deuterium or halogen and then positive integer of 5 or greater is displayed.) is displayed] repeat unit, densely it makes feature.

[0022]

[Work or Operations of the Invention] With optical wave guide of this invention, it hardens with light or heat, does not apply large pressure and also structure has epoxy ring, the unsaturated group and silicone etc making use of polymeric material of type where the copying replica of mold is acquired simply, has made structure where cure shrinkage is little. In addition, that much high temperature is not needed even when heat is applied on material. Because of this, when forming copying dimension difference of mold dimension and the polymer molded article which are used can be made as small as possible. In order deuteration PMMA (polymethylmethacrylate) or to use silicone material as polymeric material which is used for the core, low loss or other high performance wave conduction characteristic is acquired with near infrared region.

[0023] Furthermore, because waveguide and V groove etc in order to do the optical fiber it can produce simply with one body, with this invention by devising structure of mold which is used it can make optical coupling of the waveguide and optical fiber precision good to simple.

[0024]

[Working Example(s)] Below, referring to Figure 1 (a) to (e), outline you explain one example of the method which produces optical waveguide of this invention.

[0025] As shown in (a) of Figure 1, paint layer 2 is provided on substrate 1 which is processed in desired shape with spin coating and dipping or other means. It shows fluidity with room temperature as material which forms this paint layer 2, at same time, it can harden with later mentioned for example illumination, etc furthermore it can use monomer or oligomer which possesses the property where cure shrinkage is small relatively.

[0026] As next, shown in (b), on paint layer 2, type 3 f or the formation which possesses lengthwise raised part 3a of desired geometry it suffers. This type 3 with this working example is formed from material which transmits wavelength light (ultraviolet light) which is utilized in order to harden the above-mentioned paint layer 2 at least. Irradiating optical 4 of above-mentioned

する。この硬化膜 5 a は、目的の光導波路の下部クラッドとなる。なお、塗布層 2 の硬化を、光照射に代えて所定温度での加熱硬化により行ってもよい。

【0027】次に、型 3 を除去すると、硬化膜 5 a の上部には型 3 の長尺凸部 3 a も対応した形状、寸法の溝が露出する。(c) に示すように、この溝内に上記硬化膜 5 a の屈折率よりも高い屈折率を有する高分子材料溶液 6 を流し込む。

【0028】次に、(d) に示すように、樹脂レプリカのうち、上記溝から硬化膜 5 a 上にはみ出した余剰部分がある場合には、溶媒乾燥後、余剰部分 7 をドライエッチング等により除去し、上記溝内にコア 8 を作製する。なお、余剰部分 7 の除去には、ドライエッチングに代えて、研磨加工、ブレード、あるいはウエットエッチング等の技術を用いることができる。

【0029】次に、(e) に示すように、硬化膜 5 a およびコア 8 上に上記硬化膜 5 a と同様の材料を塗布し、光硬化させて上部クラッドとなる硬化膜 5 b を形成し、コア 8 と、下部クラッド 5 a および上部クラッド 5 b を含むクラッド 5 とからなる導波路素子 9 を得る。

【0030】以下、具体的な例を挙げて本発明を詳細に説明する。

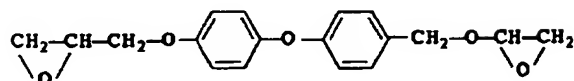
【0031】(実施例 1) 図 2 の (a) ~ (g) を参照して本発明の光導波路を作製する方法の一例を説明する。

【0032】まず、(a) に示すように、基板 2 1 を用意し、この上にスピンコート法により下記式 (IV) に示す化学構造を有するエポキシ系 UV モノマ (粘度 1000 c p) を塗布し、塗布層 2 2 を形成した。

【0033】

【化 5】

式 (IV)



【0034】一方、(b) に示すように、幅 7 μ m、

transmitted wavelength from the upward direction of this type 3, hardening paint layer 2, it forms cured film 5a which is a resin replica of type 3. This cured film 5a becomes bottom cladding of optical waveguide of objective. Furthermore, replacing hardening paint layer 2, to illumination, with specified temperature it is possible to do with thermosetting.

[0027] When next, type 3 is removed, groove of shape and the dimension which also lengthwise raised part 3a of type 3 correspond exposes in the upper part of cured film 5a. As shown in (c), polymeric material solution 6 which possesses high index of refraction in comparison with index of refraction of above-mentioned cured film 5a is poured in this groove.

[0028] Way next, it shows in (d), when among resin replica, there is a surplus portion which protrudes from above-mentioned groove on cured film 5a, after solvent drying, surplus portion 7 is removed with dry etching etc, the core 8 is produced in above-mentioned groove. Furthermore, replacing to dry etching, you can use polishing, the blade or wet etching or other technology to removal of surplus portion 7.

[0029] As next, shown in (e), coating fabric it does material which is similar to above-mentioned cured film 5a on cured film 5a and core 8, the photocuring does and it forms cured film 5b which becomes upper part cladding, it obtains the waveguide element 9 which consists of cladding 5 which includes core 8 and the bottom cladding 5a and upper part cladding 5b.

[0030] Below, listing concrete example, you explain this invention in detail.

[0031] (Working Example 1) Referring to (a) to (g) of Figure 2, you explain one example of the method which produces optical waveguide of this invention.

[0032] First, as shown in (a), substrate 21 was prepared, epoxy UV monomer (viscosity 1000 cp) which possesses chemical structure which is shown in below-mentioned Formula (IV) with the spin coating method coating fabric was done on this, paint layer 22 was formed.

[0033]

[Chemical Formula 5]

[0034] On one hand, as shown in (b), you prepared mol

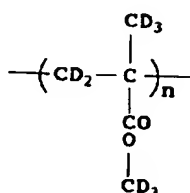
高さ $7\ \mu\text{m}$ 、長さ $50\ \text{mm}$ の凸部 24a を有するガラス性の金型 24 を用意し、これを (c) に示すように塗布層 22 上に被せ、金型 24 を介して UV 光源 25 を用いて露光し、塗布層 22 を光硬化させ、目的の光導波路の下部クラッド 23a を得た ($n=1.47$ 、波長 $1.31\ \mu\text{m}$)。この際、塗布層 22 を構成する UV 樹脂は金型形状に沿って硬化し、金型 24 の凸部 24a に対応した形状の溝が形成される。

【0035】次に、(d) に示すように、コアとなる高分子材料溶液 26 (構造は下記の式 (I) 参照、屈折率 $n=1.48$ 、波長 $1.31\ \mu\text{m}$) を溝内に流し込んだ。

【0036】

【化 6】

式 (I)



【0037】次に、(e) に示すように、高分子溶液 26 の溶媒を 90°C で 30 分乾燥後、酸素ガスによるドライエッチング 27 で、上記溝からはみ出した余剰部分 28 を除去した。この操作により、(f) に示すように、溝内のみに幅 $7\ \mu\text{m}$ 、高さ $7\ \mu\text{m}$ のコア 29 を作製できた ($n=1.48$ 、波長 $1.31\ \mu\text{m}$)。

【0038】次に、(g) に示すように、コア 29 および下部クラッド 23a の上に、再びエポキシ系 UV モノマを塗布し、硬化させて上部クラッド 23b を形成して導波路 200 を作製した。LD 光源 (波長 $1.31\ \mu\text{m}$) を用いて導波路損失を測定したところ、導波路損失は $0.1\ \text{dB}/\text{cm}$ であった。

【0039】(実施例 2) クラッド材料の主成分として下記式 (Va) または (Vb) に示す化学構造の不飽和基を有するモノマを用い、かつ、実施例 1 と同一のコア材料を用いた以外は、実施例 1 と同様の操作により、目的の光導波路 (クラッド屈折率 $n=1.47$ 、コア屈折率 $n=1.48$ 、コア幅 $7\ \mu\text{m}$ 、高さ $7\ \mu\text{m}$) を作製したところ、導波路損失は $0.1\ \text{dB}/\text{cm}$ であった。

d 24 of glass which possesses raised part 24a of width $7\ \mu\text{m}$, height $7\ \mu\text{m}$ and length $50\ \text{mm}$, as shown in (c), you put on paint layer 22, through mold 24, you exposed making use of UV light source 25, photocuring did paint layer 22, acquired bottom cladding 23a of optical waveguide of objective ($n=1.47$ and wavelength $1.31\ \mu\text{m}$). In this case, it hardens UV resin which forms paint layer 22 alongside the mold shape, slot of shape which corresponds to raised part 24a of the mold 24 is formed.

[0035] As next, shown in (d), polymeric material solution 26 (As for construction below-mentioned Formula (I) reference, index of refraction $n=1.48$ and wavelength $1.31\ \mu\text{m}$) which becomes core was poured in groove.

[0036]

[Chemical Formula 6]

[0037] As next, shown in (e), solvent of polymer solution 26 with 90°C after 30 min drying, with oxygen gas with dry etching 27, protrusion is surplus portion 28 was removed from above-mentioned groove. With this operation, as shown in (f), could produce core 29 of the width $7\ \mu\text{m}$ and height $7\ \mu\text{m}$ on only inside of groove ($n=1.48$ and wavelength $1.31\ \mu\text{m}$).

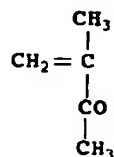
[0038] As next, shown in (g), coating fabric making epoxy UV monomer on the core 29 and bottom cladding 23a, again, hardening and forming upper part cladding 23b it produced waveguide 200. When waveguide loss was measured making use of LD light source (wavelength $1.31\ \mu\text{m}$), waveguide loss was the $0.1\ \text{dB}/\text{cm}$.

[0039] (Working Example 2) Below-mentioned formula (Va) or making use of monomer which possesses the unsaturated group of chemical structure which is shown in (Vb) as main component of cladding charge, at same time, as Working Example 1 other than using same core material, when optical waveguide (cladding index of refraction $n=1.47$, core index of refraction $n=1.48$, core width $7\ \mu\text{m}$ and height $7\ \mu\text{m}$) of objective is produced with operation of being similar to Working Example 1, waveguide loss was $0.1\ \text{dB}/\text{cm}$.

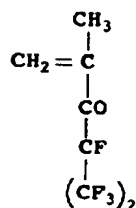
【0040】

【化7】

式 (Va)



式 (Vb)



【0041】（実施例3）クラッド材料の主成分として下記式 (VIa) , (VIb) , (VIc) に示す化学構造のシロキサン結合を有するオリゴマを用い、かつ、コア材料として下記式 (II) , (III) に示す化学構造の材料を用いた以外は、実施例1と同様の操作により目的の光導波路（クラッド屈折率 $n=1.52$ 、コア屈折率 $n=1.53$ 、コア幅 $7\mu\text{m}$ 、高さ $7\mu\text{m}$ ）を作製したところ、導波路損失は 0.1 dB/cm （波長 $1.3\mu\text{m}$ ）、 0.5 dB/cm （波長 $1.55\mu\text{m}$ ）であった。

【0042】

[0040]

[Chemical Formula 7]

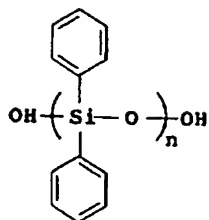
[0041] (Working Example 3) Making use of oligomer which possesses siloxane bond of chemical structure which is shown in below-mentioned Formula (VIa), (VIb), (VIc) as main component of cladding charge, at the same time, other than using material of chemical structure which is shown in below-mentioned Formula (II), (III) as core material, when optical waveguide (cladding index of refraction $n=1.52$, core index of refraction $n=1.53$, core width $7\mu\text{m}$ and height $7\mu\text{m}$) of the objective is produced with operation of being similar to Working Example 1, waveguide loss was 0.1 dB/cm (wavelength $1.3\mu\text{m}$) and 0.5 dB/cm (wavelength $1.55\mu\text{m}$).

[0042]

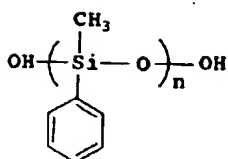
【化 8】

[Chemical Formula 8]

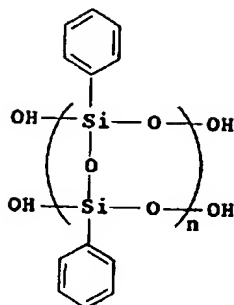
式 (VIa)



式 (VIb)



式 (VIc)



【0043】（実施例4～6）表1に示した材料をコア成分およびクラッド成分として用いた以外は、実施例1と同様な操作により目的の光導波路を作製し、その導波路損失値を測定し、表1に示した。

[0043] (Working Example 4 to 6) Other than using material which is shown in Table 1, as core component and cladding component it produced optical waveguide of object with operation of being similar to Working Example 1, measured waveguide loss value, showed in the Table 1.

【0044】

[0044]

【表 1】

[Table 1]

実施例	コア主成分	クラッド主成分	損失値 (1.31 μm)
4	式II, III	式IV	0.2 dB/cm
5	式II, III	式Va, Vb	0.15dB/cm
6	式I	式IV	0.2 dB/cm

【0045】（実施例7）図3の（a）～（i）を参照して本発明の光導波路のうち、V溝付の導波路を作製する方法の一例を説明する。

【0046】まず、（a）に示すように、基板30を用意し、この上にエポキシ系UVモノマーを流し、塗布層31を形成した。

【0047】一方、（b）に示すようなガラス金型32を用意した。このガラス金型32は、その下側に断面V字形の凸部33（開き角60度、高さ150 μm 、幅170 μm 、長さ20mm）と、この凸部33に連続して形成された断面矩形の凸部34（高さ10 μm 、幅10 μm 、長さ40mm）を有するものである。

【0048】次に、（c）に示すように、ガラス金型32を塗布層31上に被せ、ガラス金型32を介してUV光源35で露光し、塗布層31を光硬化させ、下部クラッドとしての硬化膜36（ $n=1.47$ 、波長1.31 μm ）を形成した。この際、塗布層31は金型形状に沿って硬化し、（d）に示すように、ガラス金型32の凸部33に対応するV溝部（開き角60度、高さ150 μm 、長さ20mm）37、凸部34に対応する細溝部（深さ10 μm 、幅10 μm 、長さ40mm）38が硬化膜36の表面上に形成された。これらV溝部37と細溝部38とは連通して形成されている。

【0049】次に、（e）に示すように、硬化膜36上の細溝部38に上述の式（I）に示す化学構造を有するコア高分子材料溶液39を流し込んだ。この際、予めV溝部37には、金型32のV字形凸部と同様の形状を持つ金型300を挿入しておいた。これは、細溝部38と連通したV溝部37にコア高分子材料溶液39が入らぬようにするためである。

【0050】次に、（f）に示すように、コア高分子材料溶液39の溶媒乾燥後、細溝部38からはみ出した余剰部分301をドライエッチングにより除去した。この操作により、（g）に示すように、コア部分の

[0045] (Working Example 7) Referring to (a) to (i) of Figure 3, among optical waveguide of this invention, you explain one example of method which produces waveguide of the V groove attaching.

[0046] First, as shown in (a), substrate 30 was prepared, epoxy UV monomer was let flow on this, paint layer 31 was formed.

[0047] Kind of glass mold 32 which on one hand, is shown in (b) was prepared. This glass mold 32, in underside raised part 33 of cross section V-shape (open angle 60 degrees, height 150 μm , width 170 μm and length 20 mm) with, continuing in this raised part 33, is something which possesses raised part 34 (height 10 μm , width 10 μm and length 40 mm) of cross section rectangle which was formed.

[0048] As next, shown in (c), it put glass mold 32 on paint layer 31, through the glass mold 32, it exposed with UV light source 35, photocuring did the paint layer 31, it formed cured film 36 ($n=1.47$ and wavelength 1.31 μm) as bottom cladding. In this case, it hardened paint layer 31 alongside mold shape, as shown in the (d), V groove section (open angle 60 degrees, height 150 μm and length 20 mm) 37 which corresponds to raised part 33 of the glass mold 32, narrow groove part (depth 10 μm , width 10 μm and length 40 mm) 38 which corresponds to raised part 34 was formed on surface of cured film 36. Connecting with these V groove section 37 and narrow groove part 38, it is formed.

[0049] As next, shown in (e), core polymeric material solution 39 which possesses chemical structure which in the narrow groove part 38 on cured film 36 is shown in above-mentioned Formula (I) was poured in. In this case, beforehand, mold 300 which has shape which is similar to V-shape raised part of mold 32 was inserted in V groove section 37. This is because core polymeric material solution 39 that tries does not enter into V groove section 37 which is connected with narrow groove part 38.

[0050] As next, shown in (f), after solvent drying of core polymeric material solution 39, protrusion is the surplus portion 301 was removed from narrow groove part 38 with dry etching. With this operation, as shown

うち、余剰部分 301 が除去され、V 溝部 37 に対して位置合わせされた細溝部 38 内にコア 302 (幅 10 μ m、高さ 10 μ m) を形成した。

[0051] 次に、(h) に示すように、コア 302 および下部クラッドとしての硬化膜 36 の上に、再びエポキシ系 UV モノマーを被せ、光硬化して上部クラッド 303 を作製し、目的の V 溝付導波路 304 を作製した。できた導波路 304 の外観を (図 3 (i)) に示す。この V 溝部 37 に光ファイバを固定し、LD 光源 (波長 1.31 μ m) を用いて導波路損失を測定したところ、ファイバとの接続損失は 0.2 dB、導波路損失は 0.1 dB/cm であった。

[0052] 上記各実施例では、光硬化剤を用いて本発明の光導波路の作製例を示したが、熱により重合させてもよく、その場合は重合開始剤の種類を変えることにより同様な作製が行える。また、実施例 7 において光ファイバを挿入する溝形状として V 溝を用いたが、光ファイバが挿入できる形状であれば V 溝でなくても構わない。

[0053]

[発明の効果] 以上説明したように、本発明によれば、クラッドを硬化収縮の少ない特定の材料で形成したので、成形硬化後の寸法と金型寸法との転写寸法差を極めて小さくすることができるため、導波路損失の小さな高性能光導波路を得ることができる。

[0054] また、光ファイバ等を固定するための溝を一体に形成した溝付導波路では、導波路と溝とを精度よく形成できるので、溝に固定した光ファイバ等と光導波路とを簡単に低損失で光結合できる効果を奏する。

[図面の簡単な説明]

[図 1] (a) ~ (e) は、それぞれ本発明の光導波路の一実施例を作製する場合の各工程を示す断面図である。

[図 2] (a) ~ (g) は、それぞれ本発明の光導波路の他の実施例を作製する場合の各工程を示す図であって、(a) は断面図であり、(b) ~ (g) は斜視図である。

[図 3] (a) ~ (i) は、それぞれ本発明の光導波路のさらに他の実施例 (V 溝付導波路) を作製する場合

in (g), among core portion, surplus portion 301 was removed, formed core 302 (width 10 μ m and height 10 μ m) inside narrow groove part 38 which the positioning is done vis-a-vis V groove section 37.

[0051] As next, shown in (h), it put epoxy UV monomer on cured film 36 as core 302 and bottom cladding, again, photocuring did and produced upper part cladding 303, produced the V groove attaching waveguide 304 of objective. external appearance of waveguide 304 which it is possible is shown in (Figure 3 (i)). optical fiber was locked in this V groove section 37, when waveguide loss was measured making use of LD light source (wavelength 1.31 μ m), as for connection loss of fiber as for 0.2 dB and waveguide loss it was a 0.1 dB/cm.

[0052] It can do similar production by it is possible to polymerize production example of optical waveguide of this invention was shown with the above-mentioned each Working Example, making use of photocuring agent but, due to heat, in that case types of polymerization initiator changes. In addition, V groove was used as groove which inserts optical fiber in Working Example 7 it is not necessary, but if it is a shape which can insert optical fiber, a V groove to be.

[0053]

[Effects of the Invention] As above explained, according to this invention, because cladding was formed with specific material where cure shrinkage is little, because the copying dimension difference of dimension and mold dimension after formation hardening quite can be made small, small high performance optical waveguide of waveguide loss can be acquired.

[0054] In addition, because with slot attaching waveguide which formed the slot in order to lock optical fiber etc as one unit, waveguide and the slot can be formed precision well, optical fiber etc which is locked in the slot and optical waveguide simply it possesses effect which optical coupling it is possible with low loss.

[Brief Explanation of the Drawing(s)]

[Figure 1] (A) To (e) is sectional view which shows each step when one Working Example of the optical waveguide of respective this invention is produced.

[Figure 2] (A) As for to (g), in figure which shows each step when other Working Example of optical waveguide of respective this invention is produced, as for (a) with sectional view, as for (b) to (g) it is an oblique view.

[Figure 3] (A) As for to (i), in figure which shows each step when furthermore other Working Example (V

合の各工程を示す図であって、(a) および (c) ~ (e) は断面図であり、(b) および (f) ~ (i) は斜視図である。

【符号の説明】

- 1 所望の形状に加工された基板
- 2 室温で流動性を示すモノマあるいはオリゴマからなる塗布層
- 3 所望の形状を有する型
- 4 光照射あるいは加熱
- 5 クラッド
- 5 a 下部クラッド (硬化膜) |
- 5 b 上部クラッド (硬化膜) |
- 6 クラッドより屈折率が高い高分子材料溶液
- 7 溝部からはみ出した余剰部分
- 8 コア
- 9 コアクラッドからなる導波路素子
- 2 1 基板
- 2 2 エポキシ系UVモノマからなる塗布層
- 2 3 導波路のクラッド|
- 2 3 a 下部クラッド|
- 2 3 b 上部クラッド|
- 2 4 ガラス性金型|
- 2 4 a 凸部
- 2 5 UV光源
- 2 6 コアとなる高分子材料の溶液
- 2 7 酸素ガスによるドライエッチング
- 2 8 余剰部分
- 2 9 コア
- 3 0 基板
- 3 1 エポキシ系UVモノマからなる塗布層

groove attaching waveguide) of optical waveguide of respective this invention is produced, (a) and as for (c) to (e) with sectional view , (b) and as for the (f) to (i) it is a oblique view.

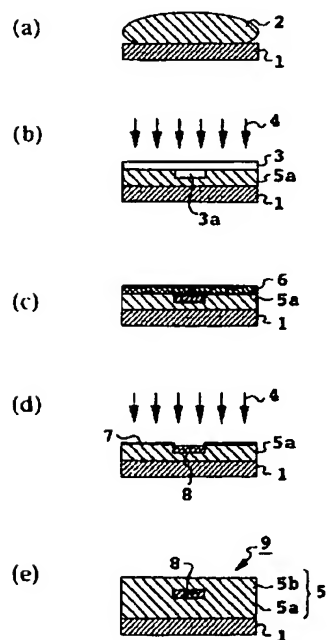
[Explanation of Reference Signs in Drawings]

- It was processed in 1 desired geometry substrate
- It consists of monomer or oligomer which shows fluidity with the 2 room temperature paint layer
- It possesses 3 desired geometry type
- 4 illumination or heating
- 5 cladding
- 5a bottom cladding (cured film)
- 5b upper part cladding (cured film)
- Index of refraction is higher than 6 cladding polymeric material solution
- Protrusion it is from 7 groove surplus portion
- 8 core
- It consists of 9 core cladding waveguide element
- 21 substrate
- It consists of 22 epoxy UV monomer paint layer
- Cladding of 23 waveguide
- 23a bottom cladding
- 23b upper part cladding
- 24 glass mold
- 24a projection
- 25 UV-light source
- Becomes 26 core solution of polymeric material which
- With 27 oxygen gas dry etching
- 28 surplus portion
- 29 core
- 30 substrate
- It consists of 31 epoxy UV monomer paint layer

32	ガラス金型	32	glass mold
33	V字形状凸部	33	V-shape projection
34	細溝部	34	narrow groove part
35	UV光源	35	UV light source
36	下部クラッド(硬化膜)	36	bottom cladding (cured film)
37	V溝部	37	V groove section
38	細溝部	38	narrow groove part
39	コア高分子材料溶液	39	core polymeric material solution
200	導波路	200	waveguide
300	V字形状凸部を持つ金型	It has 300	V-shape projection mold
301	余剰部分	301	surplus portion
302	コア	302	core
303	上部クラッド	303	upper part cladding
304	V溝付導波路	304	V groove attaching waveguide

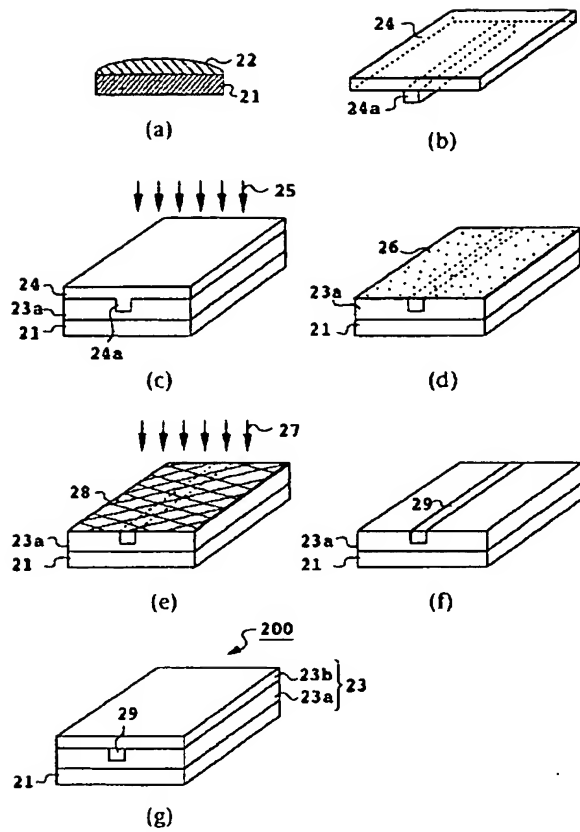
【図1】

[Figure 1]



【図 2】

[Figure 2]



• [図 3]

[Figure 3]

